

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1998年12月28日

出 願 番 号

Application Number:

平成10年特許願第377510号

出 願 人

Applicant(s):

東京エレクトロン山梨株式会社
科学技術振興事業団

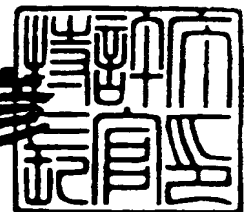
PRIORITY
DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2000年 1月21日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

近 藤 隆 彦



出証番号 出証特平11-3095559

【書類名】 特許願

【整理番号】 TYL98012

【提出日】 平成10年12月28日

【あて先】 特許庁長官 伊佐山 建志 殿

【国際特許分類】 H01L 21/00

【発明の名称】 プラズマ処理方法

【請求項の数】 16

【発明者】

 【住所又は居所】 山梨県韮崎市藤井町北下条 2 3 8 1 番地の 1 東京エレクトロン山梨株式会社内

 【氏名】 浜 貴一

【発明者】

 【住所又は居所】 山梨県韮崎市藤井町北下条 2 3 8 1 番地の 1 東京エレクトロン山梨株式会社内

 【氏名】 石原 博之

【発明者】

 【住所又は居所】 山梨県韮崎市藤井町北下条 2 3 8 1 番地の 1 東京エレクトロン山梨株式会社内

 【氏名】 北村 彰規

【特許出願人】

 【識別番号】 000109565

 【氏名又は名称】 東京エレクトロン山梨株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100095957

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 亀谷 美明

 【電話番号】 03-3226-6631

【代理人】

 【識別番号】 100096389

【弁理士】

【氏名又は名称】 金本 哲男

【電話番号】 03-3226-6631

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 040224

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9206471

【書類名】 明細書
 【発明の名称】 プラズマ処理方法
 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 処理室内に導入された少なくともフルオロカーボンを含む処理ガスをプラズマ化して、前記処理室内に配置された被処理体に形成された酸化シリコン膜層に対してプラズマ処理を施すプラズマ処理方法において、

前記処理ガスには、酸素が間欠的に添加されることを特徴とする、プラズマ処理方法。

【請求項 2】 前記酸素は、周期的に前記処理ガスに添加されることを特徴とする、請求項 1 に記載のプラズマ処理方法。

【請求項 3】 前記酸素の添加時間は、前記酸素の無添加時間よりも相対的に短いことを特徴とする、請求項 1 または 2 のいずれかに記載のプラズマ処理方法。

【請求項 4】 前記酸化シリコン膜層には、コンタクトホールが形成され、前記酸素の添加量は、前記コンタクトホールのアスペクト比の増加に応じて増加されることを特徴とする、請求項 1, 2 または 3 のいずれかに記載のプラズマ処理方法。

【請求項 5】 前記アスペクト比の変化と前記プラズマの成分変化との関係を予め求め、前記プラズマの成分変化に応じて前記酸素の添加量を調整することを特徴とする、請求項 4 に記載のプラズマ処理方法。

【請求項 6】 前記酸素の添加は、前記プラズマの安定化後に行われることを特徴とする、請求項 1, 2, 3, 4 または 5 のいずれかに記載のプラズマ処理方法。

【請求項 7】 処理室内に導入された少なくともフルオロカーボンを含む処理ガスをプラズマ化して、前記処理室内に配置された被処理体に形成された酸化シリコン膜層に対してプラズマ処理を施すプラズマ処理方法において、

前記処理ガスには、酸素が添加されると共に、前記酸素の添加量を相対的に増減させることを特徴とする、プラズマ処理方法。

【請求項 8】 前記酸素の添加量の増減は、周期的に行われることを特徴と

する、請求項 7 に記載のプラズマ処理方法。

【請求項 9】 前記酸素の添加量の増加時間は、前記酸素の添加量の減少時間よりも相対的に短いことを特徴とする、請求項 7 または 8 のいずれかに記載のプラズマ処理方法。

【請求項 10】 前記酸化シリコン膜層には、コンタクトホールが形成され

、
前記酸素の添加量は、前記コンタクトホールのアスペクト比の増加に応じて増加されることを特徴とする、請求項 7、8 または 9 のいずれかに記載のプラズマ処理方法。

【請求項 11】 前記アスペクト比の変化と前記プラズマの成分変化との関係を予め求め、前記プラズマの成分変化に応じて前記酸素の添加量を調整することを特徴とする、請求項 10 に記載のプラズマ処理方法。

【請求項 12】 前記添加量の増減は、前記プラズマの安定化後に行われることを特徴とする、請求項 7、8、9、10 または 11 のいずれかに記載のプラズマ処理方法。

【請求項 13】 処理室内に導入された少なくともフルオロカーボンを含む処理ガスをプラズマ化して、前記処理室内に配置された被処理体に形成された酸化シリコン膜層に対してプラズマ処理を施すプラズマ処理方法において、

前記処理ガスには、酸素が添加されると共に、前記酸素の添加量は、前記酸化シリコン膜層に形成されたコンタクトホールのアスペクト比の増加に応じて増加されることを特徴とする、プラズマ処理方法。

【請求項 14】 前記アスペクト比の変化と前記プラズマの成分変化との関係を予め求め、前記プラズマの成分変化に応じて前記酸素の添加量を調整することを特徴とする、請求項 13 に記載のプラズマ処理方法。

【請求項 15】 前記酸素の添加量は、連続的に増加されることを特徴とする、請求項 13 または 14 のいずれかに記載のプラズマ処理方法。

【請求項 16】 前記酸素の添加量は、段階的に増加されることを特徴とする、請求項 13 または 14 のいずれかに記載のプラズマ処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、プラズマ処理方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、気密な処理室内に被処理体、例えば半導体ウェハ（以下、「ウェハ」と称する。）の載置台を兼ねた下部電極と、接地された上部電極とを対向配置したプラズマエッチング装置が提案されている。当該装置では、まず下部電極上にウェハを載置した後、処理室内に所定の処理ガスを導入すると共に、処理室内を真空引きして所定の減圧雰囲気に維持する。次いで、下部電極に高周波電力を印加することにより、処理ガスを解離させてプラズマを生成し、該プラズマにより、例えばウェハの被処理面に形成された SiO_2 膜層にエッチング処理を施し、所定のコンタクトホールを形成している。

【0003】

また、上記 SiO_2 膜層にコンタクトホールを形成する場合には、処理ガスとして少なくとも CF （フルオロカーボン）系ガスと O_2 を含むガス、例えば C_4F_8 と CO と Ar と O_2 との混合ガスが用いられている。 C_4F_8 は、解離すると F^* （フッ素ラジカル）や CF^* （フルオロカーボンラジカル）などのラジカル、イオンおよび電子が生じ、その中のラジカルとイオンの競合反応によって SiO_2 膜層がエッチングされる。また、 C_4F_8 は、カーボン（C）を含むガスであるため、処理時にはカーボンや CF 系化合物など反応生成物が生成される。従って、その反応生成物が SiO_2 膜層上に形成されたフォトリジスト膜層、特にエッチングパターン開口部の肩部に付着、堆積すると、上記反応生成物によって肩部がイオンの衝突から保護されるために、パターンの開口部が広がらず、所定の狭小なコンタクトホールが形成される。

【0004】

また、上記 O_2 は、エッチストップの発生を抑制するために処理ガスに添加されている。すなわち、 O_2 を処理ガスに添加すると、少なくとも上記反応生成物を除去する作用があることが経験的に見出されており、その O_2 を処理ガスに適

量添加すれば、コンタクトホール底部への上記反応生成物の堆積が軽減され、エッチストップの発生を防止することができる。ただし、 O_2 を処理ガスに過剰に添加すると、コンタクトホール底部に堆積した反応生成物のみならず、フォトレジスト膜層に堆積した反応生成物も除去されてしまい、上記肩部がエッチングされてパターン開口径が広がってしまう。従って、上記処理ガスには、エッチストップの発生を防止し、かつフォトレジスト膜層の肩部の削れ量が比較的少量になるように、例えば C_4F_8 と CO と Ar の流量がそれぞれ10 sccmと50 sccmと200 sccmである場合には、5 sccmの O_2 を常時添加して、エッチング処理を行っている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、最近の半導体素子の超微細化および超高集積化傾向に伴って、コンタクトホールの深さに対して内径が相対的に小さい、いわゆる高アスペクト比のコンタクトホールを形成する場合に、上述の如く処理ガスに O_2 を添加しても、エッチストップが発生することがある。また、そのエッチストップを解消するべく、 O_2 の添加量を増加させると、上述の如くフォトレジスト膜層およびその肩部が削られてしまい、コンタクトホールの内径が広がっていわゆるCDロス(critical dimension loss)が生じたり、 SiO_2 膜層を必要量エッチングする前にフォトレジスト膜層が全てなくなってしまうために、狭小なコンタクトホールを形成することができない。

【0006】

本発明は、従来の技術が有する上記のような問題点に鑑みて成されたものであり、その目的は、マスクパターンに損傷を与えることなく、エッチストップの発生を防止し、高アスペクト比のコンタクトホールを形成することが可能な新規かつ改良されたプラズマ処理方法を提供することである。

【0007】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本発明の第1の観点によれば、請求項1に記載の発明のように、処理室内に導入された少なくともフルオロカーボンを含む処理ガ

スをプラズマ化して、処理室内に配置された被処理体に形成された酸化シリコン膜層に対してプラズマ処理を施すプラズマ処理方法において、処理ガスには、酸素が間欠的に添加されることを特徴とする、プラズマ処理方法が提供される。

【0008】

かかる構成によれば、酸素を処理ガスに間欠的に添加するので、例えば、 SiO_2 膜層に対してプラズマエッチング処理を施してコンタクトホールを形成する際に、エッチストップの発生を防止できる量の O_2 を処理ガスに添加しても、 SiO_2 膜層上に形成されたフォトリジスト膜層およびその肩部が損傷し難くなる。例えば C_4F_8 を含む処理ガスでエッチング処理を行う場合には、 O_2 の添加時にエッチストップの発生を防止するために上記従来のエッチング方法よりも多くの O_2 を添加しても、 O_2 の無添加時にフォトリジスト膜層に反応生成物を堆積させることができるため、該フォトリジスト膜層およびその肩部を保護できる。その結果、フォトリジスト膜層に形成されたパターンの開口径が広がらず、かつエッチストップが起こらないので、高アスペクト比のコンタクトホールを形成することができる。

【0009】

また、酸素を、例えば請求項2に記載の発明のように、周期的（パルスの）に処理ガスに添加すれば、上記エッチストップの発生の防止と、反応生成物の堆積をより確実に行うことができると共に、 O_2 の添加制御を容易に行うことができる。

【0010】

さらに、酸素の添加時間を、例えば請求項3に記載の発明のように、酸素の無添加時間よりも相対的に短くすれば、 O_2 の全導入量（投入量）を従来のような連続導入の場合の全導入量以下にしても、フォトリジスト膜層およびその肩部の損傷を最小限に止めながらエッチストップの発生を防止することができる。

【0011】

また、酸化シリコン膜層にコンタクトホールを形成する処理においては、エッチストップはアスペクト比の増加に比例して起こりやすくなる。そこで、例えば請求項4に記載の発明のように、プラズマ処理によって酸化シリコン膜層にコン

タクトホールを形成する場合に、酸素の添加量をコンタクトホールのアスペクト比の増加に応じて増加させれば、エッチングの進行に伴ってアスペクト比が大きくなっても、エッチストップの発生を確実に防止できる。また、アスペクト比が小さい処理初期には、 O_2 の添加量を少なくできるので、フォトリジスト膜層の損傷を防止できる。なお、本明細書中において、アスペクト比とは、コンタクトホールの内径（幅） a と深さ（高さ） b との比（ b/a ）をいう。

【0012】

さらに、例えば請求項5に記載の発明によれば、アスペクト比の変化とプラズマの成分変化との関係を予め求め、プラズマの成分変化に応じて酸素の添加量を調整することができる。アスペクト比の変化は、処理中には測定することが困難であるが、本発明を採用すればアスペクト比の変化に対応するプラズマの成分変化に基づいて O_2 の添加量を調整できるので、上記アスペクト比の変化に応じた O_2 の添加量調整を容易かつ確実に行うことができる。

【0013】

また、一般に、例えば請求項6に記載の発明のように、 O_2 をプラズマ安定化後から添加しても、上記エッチストップは、エッチングがある程度進行した後に起こるので、処理に影響を及ぼすことがない。

【0014】

また、本発明の第2の観点によれば、請求項7に記載の発明のように、処理室内に導入された少なくともフルオロカーボンを含む処理ガスをプラズマ化して、処理室内に配置された被処理体に形成された酸化シリコン膜層に対してプラズマ処理を施すプラズマ処理方法において、処理ガスには、酸素が添加されると共に、酸素の添加量を相対的に増減させることを特徴とする、プラズマ処理方法が提供される。

【0015】

かかる構成によれば、処理ガスに添加する O_2 の添加量を相対的に増減させるので、上記請求項1に記載の発明と同様に、その O_2 の添加量が相対的に多いときにエッチストップの発生を防止し、また O_2 の添加量が相対的に少ないときにフォトリジスト膜層に反応生成物を堆積させて、そのフォトリジスト膜層を保護

することができるため、高アスペクト比のコンタクトホールを形成することができる。

【0016】

また、酸素の添加量の増減を、例えば請求項8に記載の発明のように、周期的に行えば、上記請求項2に記載の発明と同様に、エッチストップの発生の防止と、フォトリソスト膜層の保護を確実に行うことができると共に、 O_2 の添加量制御を容易に行うことができる。

【0017】

さらに、酸素の添加量の増加時間を、例えば請求項9に記載の発明のように、酸素の添加量の減少時間よりも相対的に短くすれば、上記請求項3に記載の発明と同様に、フォトリソスト膜層の損傷を最小限に止めながら、エッチストップの発生を防止することができる。

【0018】

また、例えば請求項10に記載の発明のように、プラズマ処理によって酸化シリコン膜層にコンタクトホールを形成する場合に、酸素の添加量を、コンタクトホールのアスペクト比の増加に応じて増加させれば、上記請求項4に記載の発明と同様に、処理に伴ってアスペクト比が大きくなっても、フォトリソスト膜を損傷させずにエッチストップの発生を確実に防止できる。

【0019】

さらに、例えば請求項11に記載の発明のように、アスペクト比の変化とプラズマの成分変化との関係を予め求め、プラズマの成分変化に応じて酸素の添加量を調整すれば、上記請求項5に記載の発明と同様に、上記アスペクト比に応じた O_2 の添加量調整を容易かつ確実に行うことができる。

【0020】

また、添加量の増減を、例えば請求項12に記載の発明のように、プラズマの安定化後に行えば、上記請求項6に記載の発明と同様に、プラズマを確実に生成することができると共に、プラズマの不安定性に起因するプロセスへの悪影響を生じさせることなく、エッチストップの発生を確実に防止することができる。

【0021】

また、本発明の第3の観点によれば、請求項13に記載の発明のように、処理室内に導入された少なくともフルオロカーボンを含む処理ガスをプラズマ化して、処理室内に配置された被処理体に形成された酸化シリコン膜層に対してプラズマ処理を施すプラズマ処理方法において、処理ガスには、酸素が添加されると共に、酸素の添加量は、酸化シリコン膜層に形成されたコンタクトホールのアスペクト比の増加に応じて増加されることを特徴とする、プラズマ処理方法が提供される。

【0022】

かかる構成によれば、アスペクト比の増加に応じて O_2 の添加量が増加され、コンタクトホール底部に導入される O_2 量を増やすことができるので、アスペクト比の増加に伴うエッチストップの発生を確実に防止できる。また、アスペクト比が小さい時には O_2 の添加量が少なく、さらに O_2 の全投入量を従来よりも少なくできるので、フォトリジスト膜層およびその肩部の損傷を防止できる。

【0023】

また、例えば請求項14に記載の発明のように、アスペクト比の変化とプラズマの成分変化との関係を予め求め、プラズマの成分変化に応じて酸素の添加量を調整すれば、上記請求項5や請求項11に記載の発明と同様に、アスペクト比の増加に応じた O_2 の添加量調整を容易かつ確実に行うことができる。

【0024】

また、酸素の添加量を、例えば請求項15に記載の発明のように、連続的に増加させたり、あるいは例えば請求項16に記載の発明のように、段階的に増加させれば、アスペクト比の増加に応じて所望の状態で O_2 を処理ガスに添加することができる。

【0025】

【発明の実施の形態】

以下に、添付図面を参照しながら本発明にかかるプラズマ処理方法をエッチング方法に適用した実施の形態について説明する。

【0026】

(第1の実施の形態)

(1) エッチング装置の全体構成

まず、図1を参照しながら、第1の実施の形態のエッチング方法が適用されるエッチング装置100について説明する。同図に示すエッチング装置100の処理室102は、導電性の気密な処理容器104内に形成されており、この処理室102内には、ウェハWの載置台を兼ねた導電性の下部電極106が配置されている。また、下部電極106上には、ウェハWを吸着保持する静電チャック108が設けられており、この静電チャック108には、高圧直流電圧を出力する高圧直流電源110が接続されている。さらに、下部電極106上には、静電チャック108上に載置されたウェハWの周囲を囲むようにフォーカスリング112が設けられている。

【0027】

また、下部電極106には、その周囲を囲むようにバッフル板114が取り付けられており、このバッフル板114に形成された複数の貫通孔114aを介して処理室102と、処理容器104内下方に接続されている排気管116とが連通している。さらに、排気管116には、不図示の真空ポンプが接続されている。また、下部電極106には、整合器118を介して高周波電力を出力する高周波電源120が接続されている。さらに、処理容器102の外部には、処理室102内に磁界を形成する磁石122が設けられている。

【0028】

また、下部電極106の載置面に対向する処理室102の天井部には、導電性の上部電極124が配置されており、図示の例では、処理容器104を介して接地されている。さらに、上部電極124には、多数のガス吐出孔124aが形成されており、それらガス吐出孔124aは、第1ガス供給管126と第2ガス供給管128に接続されたガス拡散室130と連通している。また、第1ガス供給管126には、第1開閉バルブ132および第1流量調整バルブ（マスフローコントローラ）134を介して第1ガス供給源136と、第2開閉バルブ138および第2流量調整バルブ140を介して第2ガス供給源142と、第3開閉バルブ144および第3流量調整バルブ146を介して第3ガス供給源148がそれぞれ接続されている。さらに、図示の例では、第1ガス供給源136からはC₄

F_8 が供給され、第2ガス供給源142からはCOが供給され、第3ガス供給源148からはArが供給される。

【0029】

また、第2ガス供給管128には、第4開閉バルブ150および第4流量調整バルブ152を介して、 O_2 を供給する第4ガス供給源154が接続されている。さらに、第1～第4流量調整バルブ134、140、146、152には、上記各ガスの流量を制御する制御器156が接続されている。

【0030】

(2) O_2 の添加によるエッチストップの解消現象

次に、図2を参照しながら、処理ガスへの O_2 の添加によってエッチストップが起こらなくなる現象について説明する。発明者らの知見によれば、 O_2 の添加によってエッチストップが解消される理由としては、主に以下の2つの説が考えられる。

【0031】

(a) 第1説

例えば、 O_2 が添加されていない C_4F_8 とCOとArの混合ガスを用いて、図2(a)に示すように、Si(シリコン)基板200上に形成された SiO_2 膜層202に対してエッチング処理を施し、コンタクトホール204を形成する。この際、正イオン(I^+)は、シースにより加速され、コンタクトホール204内に入るが、電子(e^-)は等方的に入射するため、コンタクトホール204のホール径(内径)が小さくなると、コンタクトホール204内に入るものと入らないものとが生じ、コンタクトホール204内の下部側壁が正(プラス)の電荷に帯電する。

【0032】

正電荷のチャージ量がある程度以上になると、イオンがコンタクトホール204内に入り込めなくなり、そのイオンがコンタクトホール204底面に到達しなくなる。その結果、ラジカルとイオンのバランスが崩れてしまい、エッチストップが生じる。ただし、アスペクト比が小さい場合は、ほとんど正電荷に帯電しないのでラジカルとイオンのバランスも崩れず、エッチストップは生じない。これ

に対して、アスペクト比が大きい場合は、上述の如くイオンがコンタクトホール204底部に到達できず、イオンとラジカルの比が変わり、エッチストップが生じる。

【0033】

そこで、上記処理ガスに O_2 を添加すると、 O_2 が解離して O^* （酸素ラジカル）および負イオンが生じ、この O の負イオンがコンタクトホール204内に侵入すると、 O の負イオンや O^* の作用によって上記正電荷の帯電が解消する。従って、内径が略 $0.18\mu m$ 以下のような非常に狭小なコンタクトホール204を形成する場合でも、イオンがコンタクトホール204底部に到達する。そして、イオンと C_xF_y ラジカルと SiO_2 とが適度なバランスで反応して、コンタクトホール204底部の SiO_2 膜層202が適度にエッチングされ、エッチストップの発生が防がれる。

【0034】

（b）第2説

堆積種は、入射の立体角が大きく、図2（b）に示すように、コンタクトホール204内の側壁上部に堆積しやすく、 CF_x ポリマー（堆積物）210が形成される。さらに、この CF_x ポリマー210にイオン（ I^+ ）が衝突し、 C/F 比の高い成分がコンタクトホール204内下方にスパッタリングされていく。つまり、 CF_x ポリマー210がスパッタと再堆積を繰り返し、 C リッチな堆積物（反応生成物）212が形成される。そして、この堆積物212は、微細コンタクトホール204での SiO_2 膜層202のエッチング速度低下の主な原因となる。従って、かかる原因を踏まえて、コンタクトホール204側壁を垂直に形成することが重要となる。

【0035】

そこで、処理ガスに O_2 を添加すれば、上述の如く O_2 が解離して生成される O^* と、コンタクトホール204底部の堆積物212とが反応し、例えば CO 、 CO_2 、 COF_x などとなってコンタクトホール204の外部に排出される。その結果、コンタクトホール204底部に堆積していた難エッチング性の堆積物212が除去されるため、イオン210とラジカルとの比のエッチングバランスが適切

になり、エッチストップの発生を防止することができる。

【0036】

以上説明したように、いずれの説を採用するにせよ、処理ガスへ O_2 を添加することによりエッチストップを防止できる。しかしながら、上記エッチストップの発生を確実に防止するためには、コンタクトホール204のアスペクト比が大きくなる（狭小化）に伴って、 O_2 の添加量を増加させなければならないが、上述した従来のエッチング方法のように、 O_2 を処理ガスに常時一定量添加したのでは、 SiO_2 膜層202上に形成されているフォトレジスト膜層206およびその肩部もエッチングされてしまう。そこで、本実施の形態は、後述の如く所定の間隔で O_2 の添加および無添加を交互に切り替えながら処理ガスに O_2 を添加することで、エッチストップの発生を確実に防止できる量の O_2 を処理ガスに添加して、フォトレジスト膜層206およびその肩部が損傷することなく、高アスペクト比のコンタクトホール204を形成する。

【0037】

(3) エッチング工程および O_2 の添加量制御構成

次に、図1～図3を参照しながら、エッチング工程および O_2 の添加量（流量）制御構成について説明する。

まず、図1に示すように、ウェハWを、例えば20℃に設定された下部電極106の静電チャック108上に載置して吸着保持する。このウェハWは、図2に示すように、 Si 基板200上に SiO_2 膜層202が形成されていると共に、その SiO_2 膜層202の上面が所定のパターンが形成されたフォトレジスト膜層206によって覆われている。また、図1に示す処理室102の内壁面および上部電極124の温度は、例えば60℃に設定されている。

【0038】

次いで、制御器156により第1～第3流量調整バルブ134、140、146を適宜調整して、例えば C_4F_8 と CO と Ar から成る混合ガスをそれぞれ10sccmと50sccmと200sccmの流量で処理室102内に導入する。この際、第4流量調整バルブ152は閉じられており、 O_2 の供給は停止されている。また、処理室102内は、バッフル板114の貫通孔114aと排気管1

16を介して真空引きされ、例えば40mTorrの圧力に維持されている。その後、下部電極106に対して、例えば13.56MHzで1700Wの高周波電力を印加すると、上部電極124と下部電極106との間にプラズマが生成され、該プラズマ中のイオンやラジカルによってSiO₂膜層202に所定のエッチング処理が施される。

【0039】

また、上記プラズマの生成状態は、例えばプラズマの発光スペクトルを検出するセンサによって監視されており、このセンサからの情報が制御器156に伝達されている。そして、制御器156は、プラズマが安定化し、SiO₂膜層202に安定したエッチング処理が施されていると判断すると、所定のパルス電圧を第4流量調整バルブ152に印加する。第4流量調整バルブ152は、上記パルス電圧のオンの時にはバルブを開放して、O₂をガス拡散室130内に供給し、上記パルス電圧のオフの時には、バルブを閉じてO₂の供給を停止する。その結果、O₂は、図3に示すように、上記パルス電圧のオン、オフに同期してガス拡散室130内に滞在する処理ガスに添加され、該処理ガスがガス吐出孔124aを介して、処理室102内に供給される。

【0040】

また、O₂の添加時の最大流量は、上記従来のエッチング方法でのO₂の流量よりも多く設定され、本実施の形態では、例えば10sccmに設定されている。さらに、1周期当たりのO₂の添加時間は、数m秒～数10m秒、例えば5m秒～10m秒に設定され、またO₂の無添加時間は、そのO₂の添加時間よりも長く設定されている。従って、O₂の添加時間が無添加時間に比べて非常に少ないので、常時O₂を添加したならばフォトレジスト膜層206が削られてしまう量のO₂を処理ガスに添加しても、フォトレジスト膜層206にCF系化合物などの反応生成物（保護膜）を形成することができ、損傷されやすいフォトレジスト膜層206の肩部が削られることがない。さらに、O₂の全導入量は、従来の連続導入の場合の全導入量以下なので、上記損傷の発生を確実に防止できる。

【0041】

本実施の形態は、以上のように構成されており、処理ガスに添加するO₂の添

加および無添加を所定周期で切り替えるので、フォトレジスト膜層 206 に形成されているパターンを初期の状態に維持しながら、コンタクトホール 204 内部側壁部のチャージ現象を防止し、かつコンタクトホール底部 204 への反応生成物（堆積物）208、212 の堆積を抑制して、エッチストップの発生を防止することができる。

【0042】

（第 2 の実施の形態）

次に、第 2 の実施の形態のエッチング方法について説明する。なお、本実施の形態を適用可能なエッチング装置は、上記第 1 の実施の形態で説明したエッチング装置 100 と同一なので、略同一の機能および構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。ただし、上記第 1 の実施の形態では、 O_2 を処理ガスに断続的に添加するのに対して、本実施の形態では、 O_2 の添加量を相対的に増減させることを特徴としている。

【0043】

すなわち、本実施の形態では、プラズマ生成前の処理室 102 内に、 C_4F_8 と CO と Ar から成る混合ガスを、それぞれ例えば 10 sccm と 50 sccm と 200 sccm の流量で導入すると共に、例えば流量が 5 sccm の O_2 も同時に導入する。この際、それら各ガスの流量は、上記第 1 の実施の形態と同様に、制御器 156 から第 1 ～第 4 流量調整バルブ 134、140、146、152 に印加する電圧によって調整されている。なお、本実施の形態の場合には、プラズマ生成前から O_2 を処理ガスに添加しているが、 O_2 の添加量は微量なのでプラズマの生成やフォトレジスト膜層 206 に影響を及ぼすことはない。

【0044】

次いで、下部電極 106 に対して所定の高周波電力を印加し、処理室 102 内にプラズマを生成する。そして、制御器 156 は、上記第 1 の実施の形態と同様に、プラズマが安定化したことを確認すると、制御器 156 から第 4 流量調整バルブ 152 の開度を調整して、ガス拡散室 130 内に導入される O_2 の流量、すなわち図 4 に示すように処理ガスへの O_2 の添加量を増減する。本実施の形態の場合には、 O_2 の流量は 5 sccm と 10 sccm との間で増減を反復するよう

に構成されている。なお、本実施の形態においては、ガス拡散室 130 内に高い流量、例えば 10 sccm で O_2 を供給する時間は、数 m 秒～数 10 m 秒、例えば 5 m 秒～10 m 秒に設定されている。これに対して、ガス拡散室 130 内に低い流量、例えば 5 sccm で O_2 を供給する時間は、高い流量で O_2 を供給する時間よりも長く設定されている。

【0045】

本実施の形態は、以上のように構成されており、処理ガスに添加する O_2 の添加量を所定周期で増減させるので、 O_2 が処理ガス中に常時多く含まれることがない。その結果、フォトレジスト膜層 206 に形成されたパターンを初期の状態に維持しながら、エッチストップが発生することなく、所定の高アスペクト比のコンタクトホール 204 を形成することができる。また、 O_2 をプラズマ生成前後を通して処理ガスに添加するので、従来の処理プロセスと略同一の条件で処理を行うことができる。さらに、処理中には、 O_2 が処理ガスに常時添加されるので、エッチストップの発生をより確実に防止することができる。

【0046】

(第3の実施の形態)

次に、第3の実施の形態のエッチング方法について説明する。なお、本実施の形態は、コンタクトホール 204 のアスペクト比の変化に対応するプラズマの成分変化に応じて O_2 の添加量を調整する点が、上記第1および第2の実施の形態と異なる。

【0047】

(1) エッチング装置の全体構成

まず、図5を参照しながら、本実施の形態のエッチング方法が適用されるエッチング装置 300 について説明する。なお、上述したエッチング装置 100 と略同一の機能および構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。図5に示すエッチング装置 300 の制御器 156 には、例えば赤外レーザ吸収分光法 (IR-LAS) により処理室 102 内のプラズマの成分変化を測定する分析器 302 が接続されている。この分析器 302 は、不図示の光源から出力され、処理室 102 内に生成されたプラズマ中を通過した

赤外レーザー光が、処理室 102 側壁に設けられた光透過性の検出窓 304 と、磁石 122 に設けられた貫通口 306 とを介して分光器 302 の受光部に入力されるように配置されている。

【0048】

(2) コンタクトホールのアスペクト比の変化とプラズマの成分変化との関係
次に、図 6 および図 7 を参照しながら、コンタクトホール 204 のアスペクト比の変化とプラズマの成分変化との関係について説明する。

O_2 が添加されていない C_4F_8 と CO と Ar から成る処理ガスを用いてウェハ W の SiO_2 膜層 202 にエッチング処理を行うと、図 6 (a) に示すように、所定のエッチング時間経過後、すなわち SiO_2 膜層 202 に形成されるコンタクトホール 204 のアスペクト比が所定の大きさ以上になるとエッチングレートが低下し、最終的にはエッチングが進行しなくなる。

【0049】

この際、図 6 に示すように、実質的に一定のエッチングレートが確保される区間 (A) には、 SiO_2 膜層 202 に図 7 (a) に示すいわゆる μ トレンチのコンタクトホール 204 が形成される。エッチングが進行し、エッチングレートが低下する区間 (B) には、 SiO_2 膜層 202 のエッチング状態が不安定となって、図 7 (b) に示すようにコンタクトホール 204 の底部が凸凹形状になる。さらに、エッチングレートが実質的に 0 になる区間 (C) には、図 7 (c) に示すようにコンタクトホール 204 底部に上述した反応生成物 208 や堆積物 212 (以下、「反応生成物等 208, 212」という。) が堆積し、かつコンタクトホール 204 内部側壁部のチャージ現象によりエッチストップが起こる。

【0050】

次に、エッチング時間 (アスペクト比) とコンタクトホール 204 底部の反応生成物等 208, 212 の堆積量との関係について着目すると、図 6 (b) に示すように、反応生成物等 208, 212 は、エッチング初期の段階、すなわちアスペクト比が小さい段階からコンタクトホール 204 底部に堆積するが、区間 (A) 内での堆積量であれば図 7 (a) に示すように所定のエッチングが行われる。また、反応生成物等 208, 212 が区間 (B) 内の堆積量になると、図 7 (

b) に示すようにエッチングに影響を及ぼす。さらに、区間 (C) 内の堆積量、すなわち区間 (B) と区間 (C) との境のエッチストップ境界量以上になると、図 7 (c) に示すようにエッチストップを引き起こす。

【0051】

このように、アスペクト比 (エッチング時間) の増加と、エッチングレート、エッチング形状およびコンタクトホール 204 底部の反応生成物等 208, 212 の堆積量とは、密接な関係にある。従って、アスペクト比の増加に応じて O_2 の添加量を増加させれば、エッチストップの発生を防止できるだけでなく、所望のエッチングレートおよびエッチング形状を得ることができる。また、アスペクト比が小さい処理初期には、 O_2 の添加量を少なくできるので、フォトレジスト膜層 206 およびパターン肩部の損傷を最小限に止めることができる。さらに、 O_2 の全導入量 (投入量) は、従来のような連続導入の場合の全導入量以下にできるので、上記フォトレジスト膜層 206 の肩部の削れを確実に防止できる。また、処理初期で O_2 の添加量を少なくした分だけ、その後に O_2 を上記よりもさらに多く添加することができるので、エッチストップの発生を確実に防止できる。

【0052】

ただし、エッチング処理中には、実際のコンタクトホール 204 のアスペクト比を測定することは非常に困難である。そこで、本実施の形態では、アスペクト比の増加に対応して変化するプラズマの成分変化に基づいて O_2 の添加量を調整する。ここで、アスペクト比の増加とプラズマの成分変化との関係について説明すると、図 6 (c) に示すように、上述した所定のエッチングが行われる区間 (A) 内では、プラズマ中のエッチャントである CF 、 CF_2 および CF_3 の総含有量 (以下、「 CF 類総含有量」という。) は、一定である。また、 SiO_2 膜層 202 のエッチングにより生じた副生成物 (バイプロダクト) の 1 つである SiF_2 の含有量も一定である。また、エッチングが進行し難くなる区間 (B) 内では、 CF 類総含有量が増加すると共に、 SiF_2 の含有量が減少する。さらに、実質的にエッチングが進行しない区間 (C) 内では、 CF 類総含有量は一定となり、 SiF_2 の含有量はほぼゼロになる。

【0053】

このように、コンタクトホール204のアスペクト比およびエッチング形状の変化と、処理室102内のプラズマ中のCF類総含有量および SiF_2 の含有量の変化とは、相関関係にあるので、実際の処理時には上記プラズマの成分変化を測定し、該成分変化に応じて処理ガスに添加する O_2 の添加量を調整すれば、アスペクト比およびエッチング形状に応じて O_2 の添加量を調整した場合とほぼ同様の制御を行うことができる。

【0054】

(3) エッチング工程および O_2 の添加量制御構成

次に、図5、図6(c)および図8を参照しながら、エッチング工程および O_2 の添加量制御構成について説明する。なお、上記第1の実施の形態と同一の工程については、重複説明を省略する。

分析器302には、不図示の光源から出力された赤外レーザ光が入力されており、エッチング処理の開始により処理室102内にプラズマが生成されると、上記赤外レーザ光がプラズマ中を通過する。分析器302は、プラズマ中を通過した赤外レーザ光から赤外レーザ吸収分光法によりプラズマに含まれる成分のうち、上述したCF、 CF_2 および CF_3 の各含有量と、 SiF_2 の含有量を求め、それら各含有量情報を制御器156に出力する。

【0055】

また、制御器156には、図6(c)に示すアスペクト比の増加に応じたプラズマ中のCF類総含有量および SiF_2 の含有量の変化情報が予め設定されている。従って、制御器156は、分析器302から入力されたCF、 CF_2 、 CF_3 の総含有量(CF類総含有量)および SiF_2 の含有量の変化時、すなわちCF類総含有量が増加し、 SiF_2 の含有量が減少する時に O_2 の流量を調整する。かかる構成により、図8に示すように、実質的にコンタクトホール204のアスペクト比の増加に応じて O_2 の添加量が連続的に増加され、コンタクトホール204底部への O_2 の導入量が増加されるので、フォトリジスト膜層206およびその肩部が損傷せずにエッチストップが発生することなく、高アスペクト比のコンタクトホール204を形成することができる。

【0056】

以上、本発明の好適な実施の形態について、添付図面を参照しながら説明したが、本発明はかかる構成に限定されるものではない。特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇において、当業者であれば、各種の変更例および修正例に想到し得るものであり、それら変更例および修正例についても本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

【0057】

例えば、上記第1および第2の実施の形態において、所定の周期ごとに一定量の O_2 を間欠的に、あるいは増減させながら処理ガスに添加する構成を例に挙げて説明したが、本発明はかかる構成に限定されるものではない。例えば、上記第3の実施の形態と同様にアスペクト比の増加、すなわちプラズマの成分変化に応じて O_2 の添加量を増加させながら、図9に示すように O_2 を間欠的（パルスの）に添加したり、あるいは図10に示すように O_2 をパルスのに増減させて添加したり、図11に示すように O_2 を曲線的に増減させて添加すれば、上記第3の実施の形態と同様の効果を奏することができる。さらに、上記プラズマの成分変化に応じて、図13に示すように O_2 の添加量を連続的かつ直線的に増加させても、上記と同様の効果を奏することができる。

【0058】

また、上記第3の実施の形態において、 O_2 の添加量を連続的に増加させる構成を例に挙げて説明したが、本発明はかかる構成に限定されるものではなく、例えば図12に示すように、プラズマの成分変化に応じて O_2 の添加量を段階（多段階）的に増加させる構成を採用しても同様の効果を奏することができる。

【0059】

さらに、上記第3の実施の形態において、プラズマの成分変化に基づいて O_2 の添加量を調整する構成を例に挙げて説明したが、 O_2 以外の処理ガスの流量や、処理室内の圧力や、電極に印加する高周波電力や、電極や処理室内壁の温度などもプラズマの成分変化に応じて調整することができる。

【0060】

また、上記第3の実施の形態において、プラズマの成分変化を赤外レーザ吸収

分析法により測定する構成を例に挙げて説明したが、本発明はかかる構成に限定されるものではなく、例えばレーザ誘起蛍光法（L I F）や、発光分光法（O E S）や、四重極質量分析法などによりプラズマ成分の含有量を求めても、本発明を実施することができる、さらに、プラズマの電位や温度の変化に基づいて O_2 の添加量を調整することもできる。

【0061】

さらに、上記第3の実施の形態において、実測したプラズマの成分変化に応じて O_2 の添加量を調整する構成を例に挙げて説明したが、本発明はかかる構成に限定されるものではなく、コンタクトホールのアスペクト比の増加とエッチング時間との関係を予め求めておき、該エッチング時間の経過に応じて O_2 の添加量を増加させる構成を採用しても本発明を実施することができる。

【0062】

また、上記第1～第3の実施の形態において、処理ガスとして C_4F_8 とCOとArの混合ガスに O_2 を添加する構成を例に挙げ説明したが、本発明はかかる構成に限定されるものではなく、少なくともフルオロカーボンを含む処理ガスであれば、他の処理ガスを採用しても本発明を実施することができる。

【0063】

さらに、上記第1～第3の実施の形態において、 O_2 とその他の処理ガスをガス拡散室に導入した後、ガス吐出孔を介して処理室内に供給する構成を例に挙げて説明したが、本発明はかかる構成に限定されるものではなく、 O_2 を処理室内に直接供給しても本発明を実施することができる。

【0064】

また、上記第1～第3の実施の形態において、 O_2 の流量（添加量）を、電圧で開度を調整する流量調整バルブで行う構成を例に挙げて説明したが、本発明はかかる構成に限定されるものではなく、 O_2 の流量を適宜調整できれば、他の流量調整手段を用いても本発明を実施することができる。

【0065】

さらに、上記第1～第3の実施の形態において、プラズマの状態を光学センサで検出する構成を例に挙げて説明したが、本発明はかかる構成に限定されるもの

ではなく、例えば予めプラズマが安定する時間を求めておき、実際の処理時にはその時間に基づいて O_2 の添加量制御を行う構成を採用しても本発明を実施することができる。

【0066】

また、上記第1～第3の実施の形態において、下部電極のみに高周波電力を印加するエッチング装置を例に挙げて説明したが、本発明はかかる構成に限定されるものではなく、例えば上部電極と下部電極の両方や、上部電極のみに高周波電力を印加する構成を有するプラズマ処理装置にも本発明を適用することができる。また、本発明は、上記磁石を備えたエッチング装置のみならず、その様な磁石を備えていないプラズマ処理装置にも適用することができる。

【0067】

【発明の効果】

本発明によれば、 O_2 を間欠的に処理ガスに添加しながら、あるいは O_2 の添加量を相対的に増減させながら処理を行うので、エッチングマスクの損傷を最小限に止めることができると共に、例えばコンタクトホール底部に堆積した反応生成物を除去し、コンタクトホール内壁面のチャージング現象の発生を防止して、エッチストップの発生を防止することができる。その結果、超微細な高アスペクト比のコンタクトホールを、所望の形状で形成することができる。また、アスペクト比の増加に応じて O_2 の添加量を増加させながら処理を行えるので、エッチストップの発生をより確実に防止でき、さらに O_2 の全投入量を削減できるのでエッチングマスクが損傷することがない。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明を適用可能なエッチング装置を示す概略的な断面図である。

【図2】

(a) は O_2 の添加によるエッチストップの解消現象の第1説を説明するための概略的な説明図であり、(b) は O_2 の添加によるエッチストップの解消現象の第2説を説明するための概略的な説明図である。

【図3】

図 1 に示すエッチング装置に適用される O_2 の添加量の制御構成を説明するための概略的な説明図である。

【図 4】

他の O_2 の添加量の制御構成を説明するための概略的な説明図である。

【図 5】

本発明を適用可能な他のエッチング装置を示す概略的な断面図である。

【図 6】

(a) はエッチング時間（コンタクトホールのアスペクト比）とエッチングレートとの関係を説明するための概略的な説明図であり、(b) はエッチング時間（コンタクトホールのアスペクト比）とコンタクトホール底部の反応生成物等の堆積量との関係を説明するための概略的な説明図であり、(c) はエッチング時間（コンタクトホールのアスペクト比）とプラズマ成分の含有量との関係を説明するための概略的な説明図である。

【図 7】

(a) は図 6 (a) ～図 6 (c) に示す区間 (A) でのコンタクトホールの形状を示す概略的な断面図であり、(b) は図 6 (a) ～図 6 (c) に示す区間 (B) でのコンタクトホールの形状を示す概略的な断面図であり、(c) は図 6 (a) ～図 6 (c) に示す区間 (C) でのコンタクトホールの形状を示す概略的な断面図である。

【図 8】

図 5 に示すエッチング装置に適用される O_2 の添加量の制御構成を説明するための概略的な説明図である。

【図 9】

他の O_2 の添加量の制御構成を説明するための概略的な説明図である。

【図 10】

他の O_2 の添加量の制御構成を説明するための概略的な説明図である。

【図 11】

他の O_2 の添加量の制御構成を説明するための概略的な説明図である。

【図 12】

他の O_2 の添加量の制御構成を説明するための概略的な説明図である。

【図 13】

他の O_2 の添加量の制御構成を説明するための概略的な説明図である。

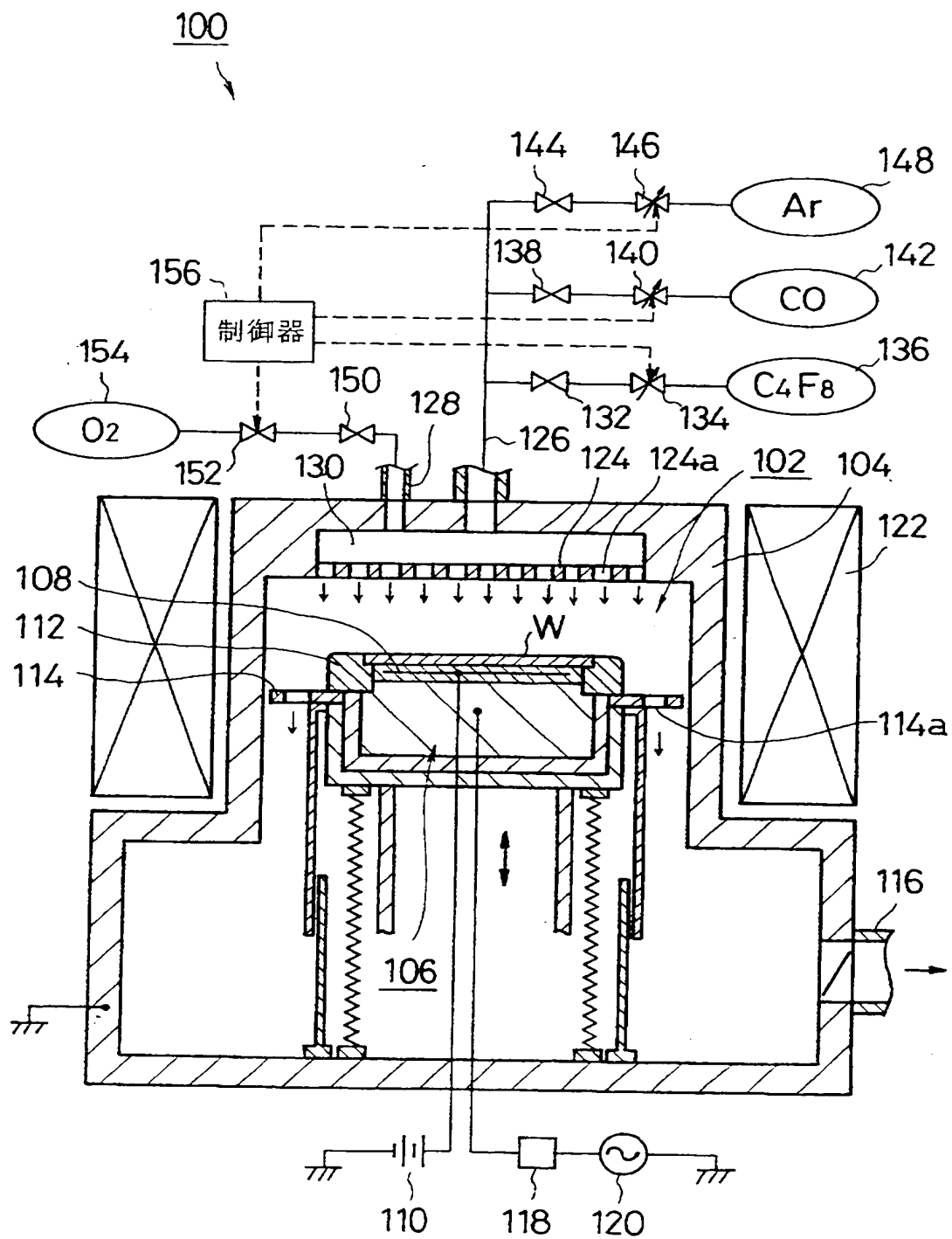
【符号の説明】

| | |
|--------------------|--------------|
| 100, 300 | エッチング装置 |
| 102 | 処理室 |
| 106 | 下部電極 |
| 124 | 上部電極 |
| 124 a | ガス吐出孔 |
| 126, 128 | 第1および第2ガス供給管 |
| 130 | ガス拡散室 |
| 134, 140, 146, 152 | 第1～第4流量調整バルブ |
| 136, 142, 148, 154 | 第1～第4ガス供給源 |
| 156 | 制御器 |
| 202 | SiO_2 膜層 |
| 204 | コンタクトホール |
| 206 | フォトレジスト膜層 |
| 302 | 分析器 |
| W | ウェハ |

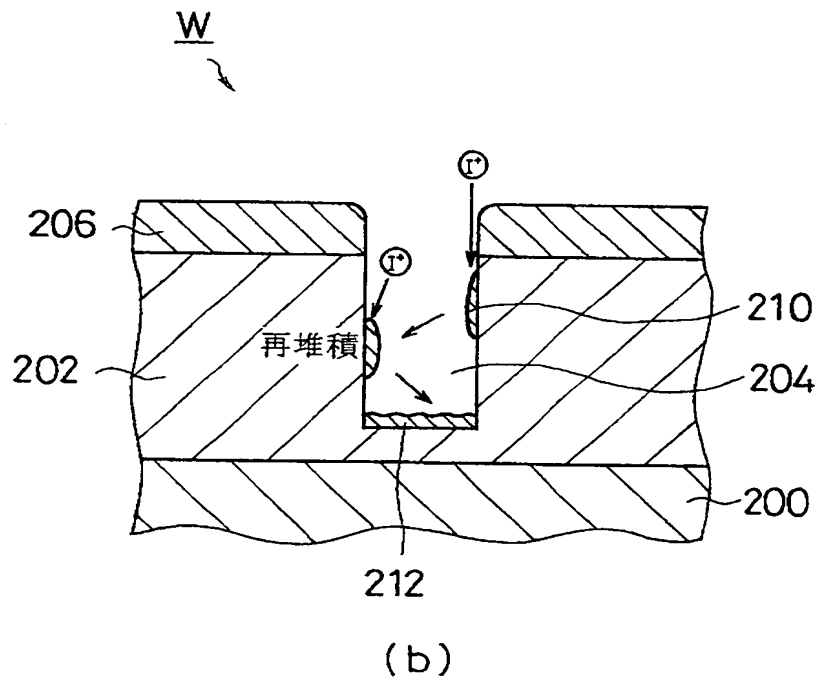
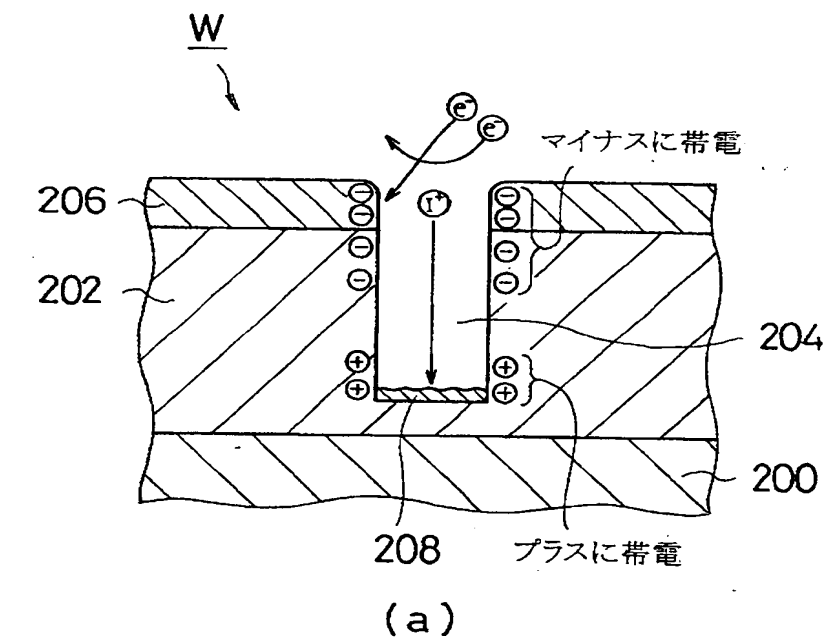
【書類名】

図面

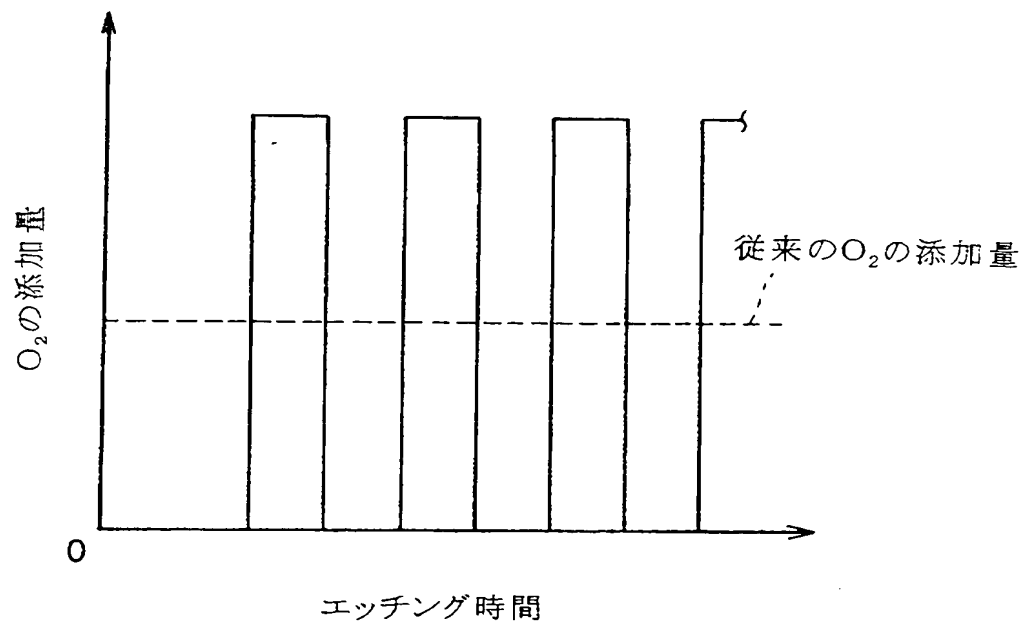
【図 1】



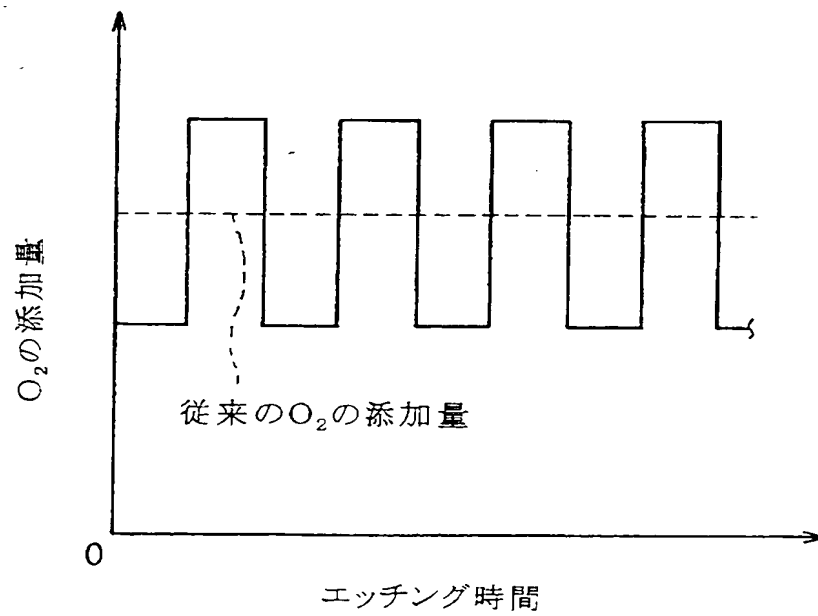
【図 2】



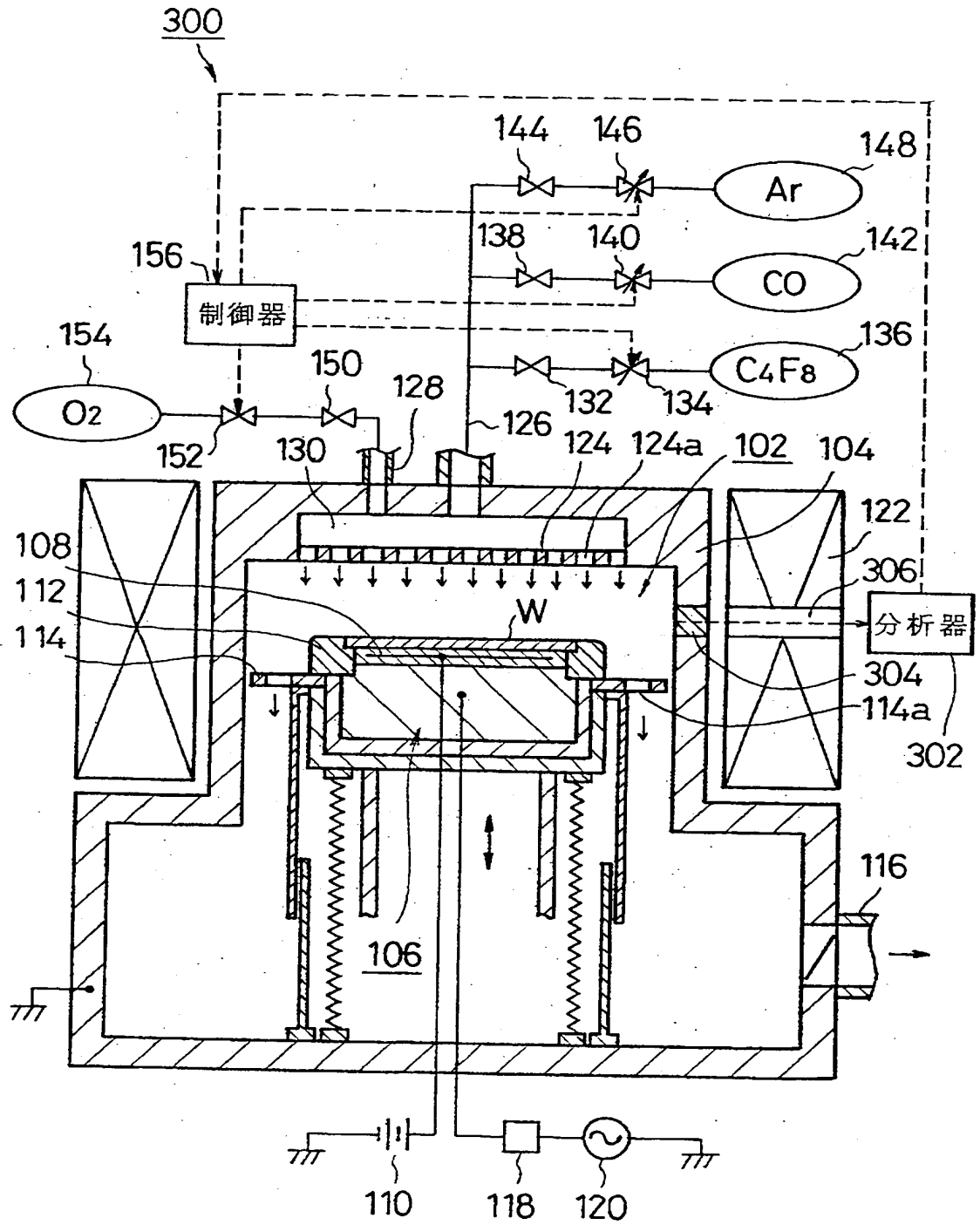
【図3】



【図4】

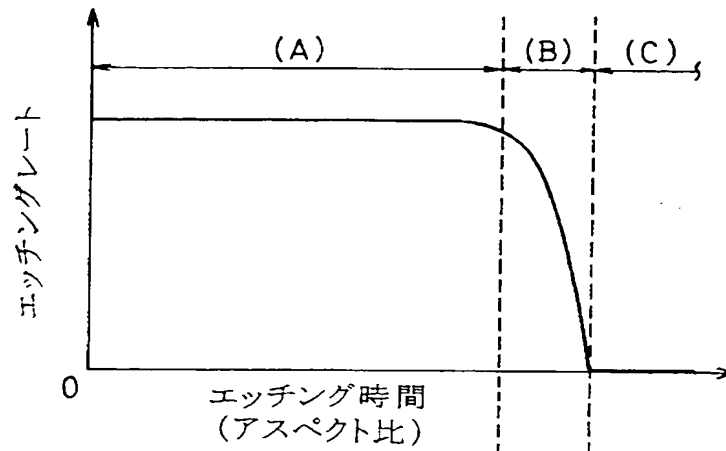


【図 5】

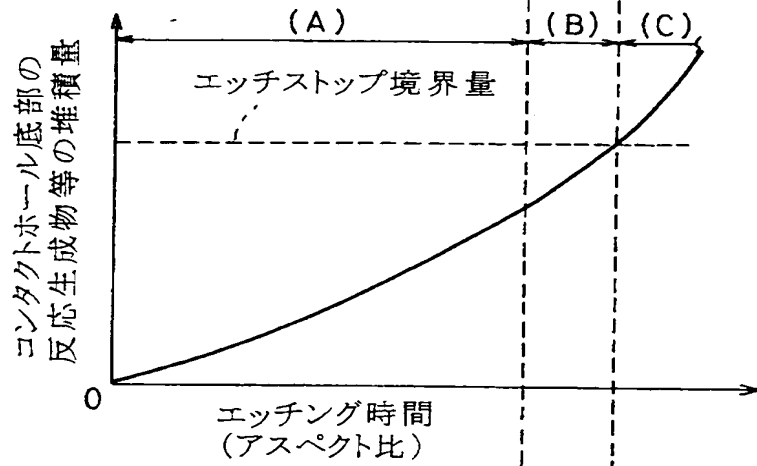


【図6】

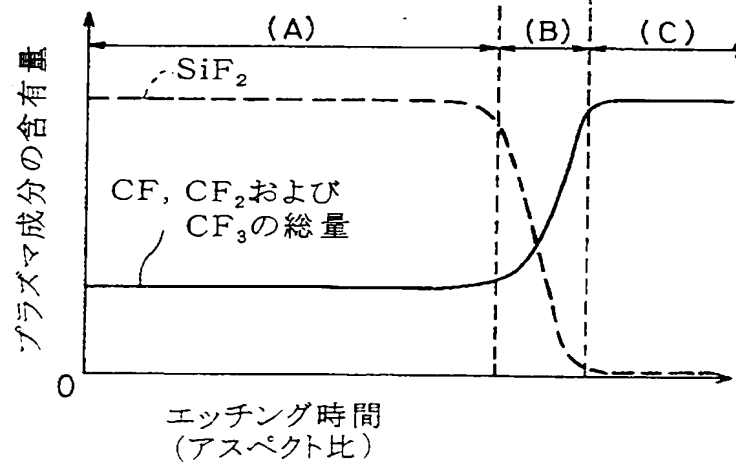
(a)



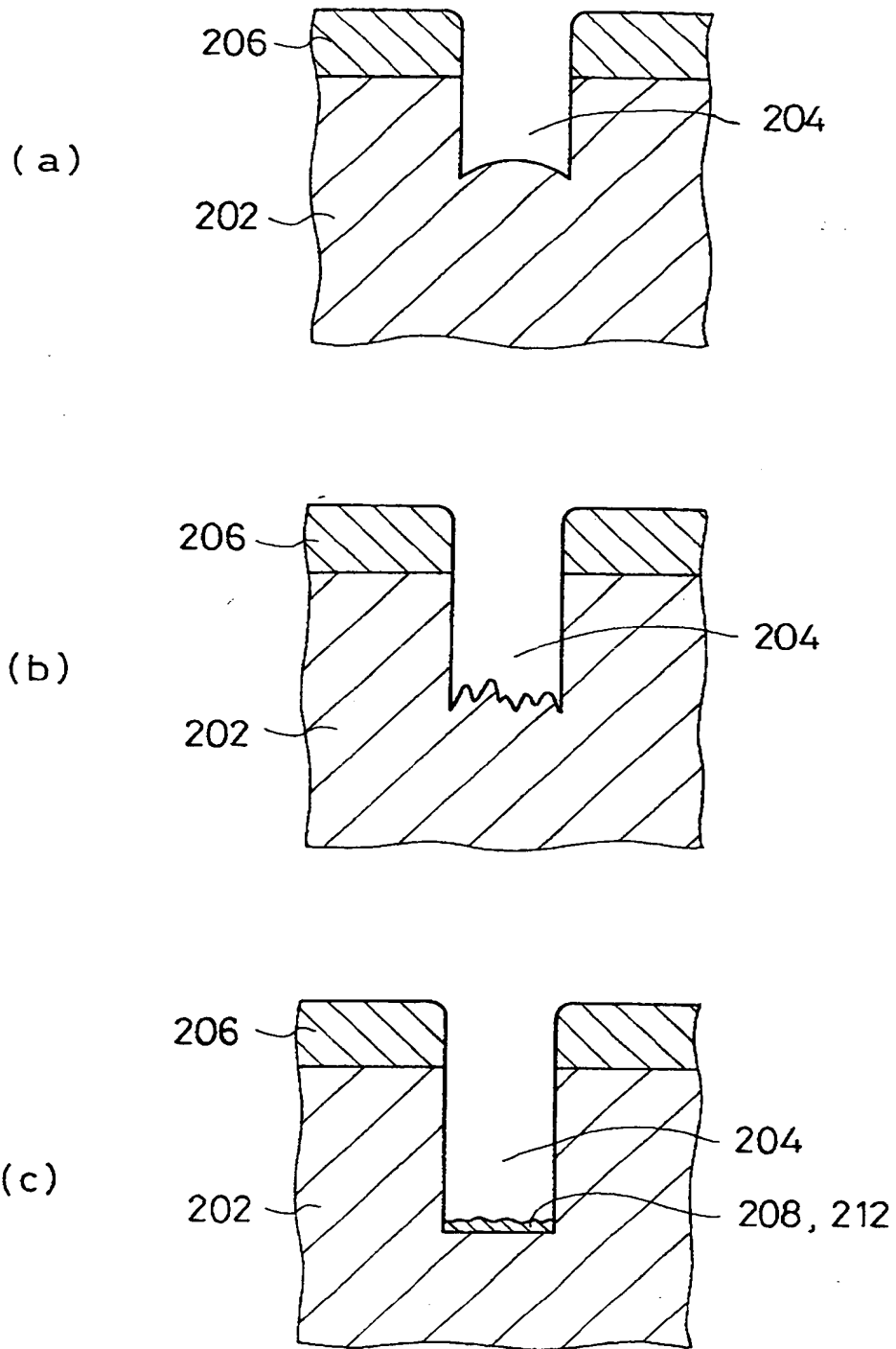
(b)



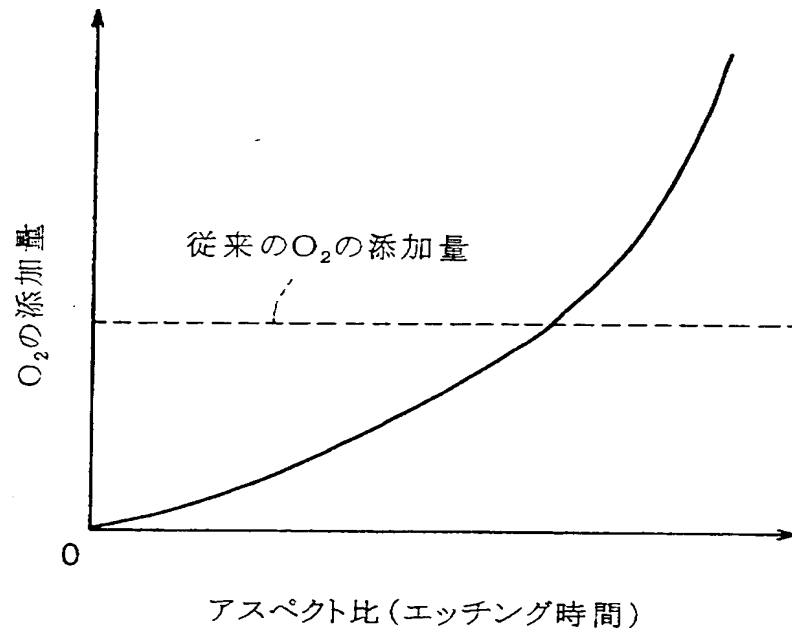
(c)



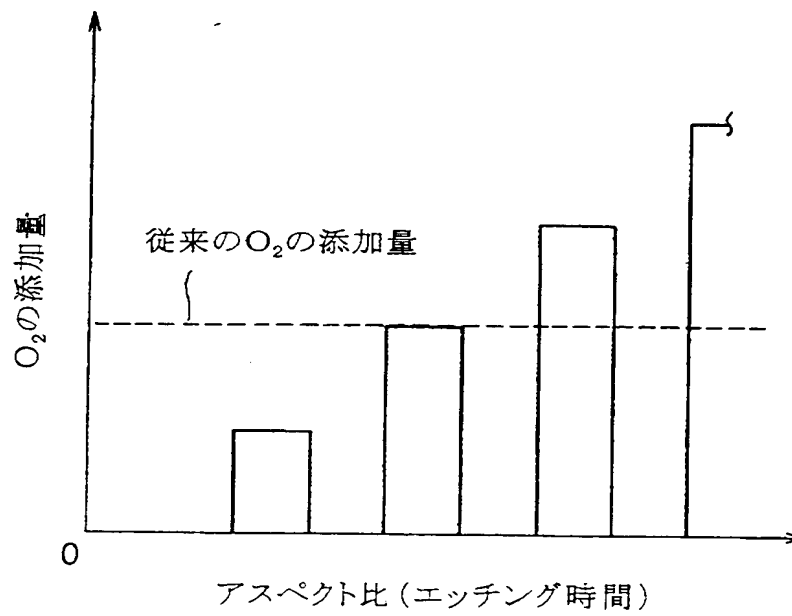
【図 7】



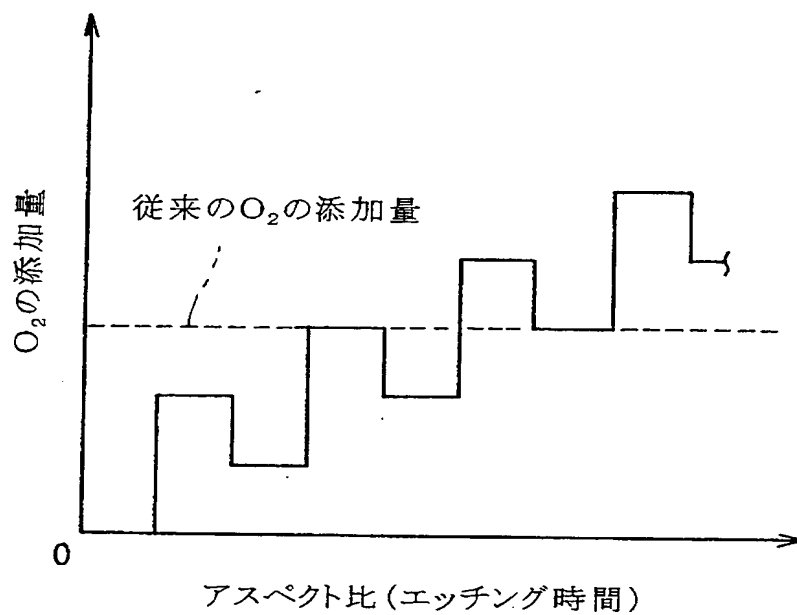
【図 8】



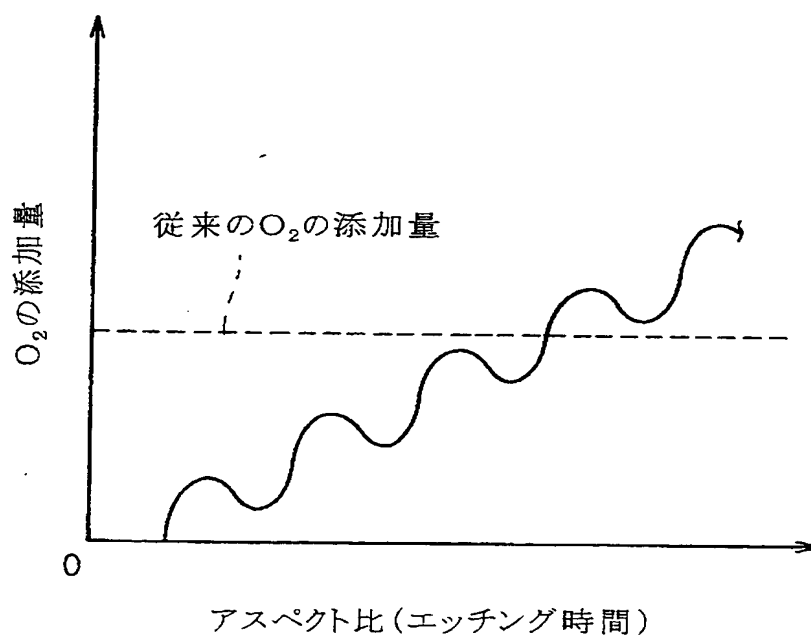
【図 9】



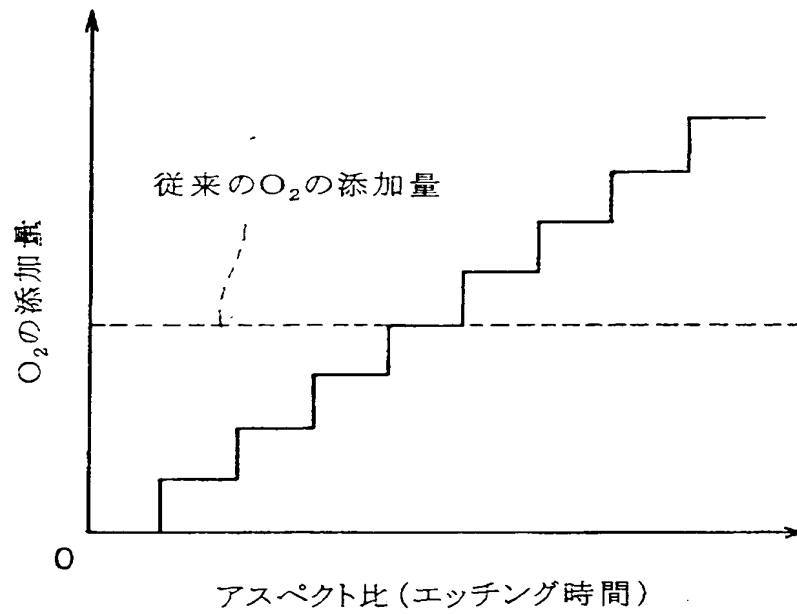
【図 10】



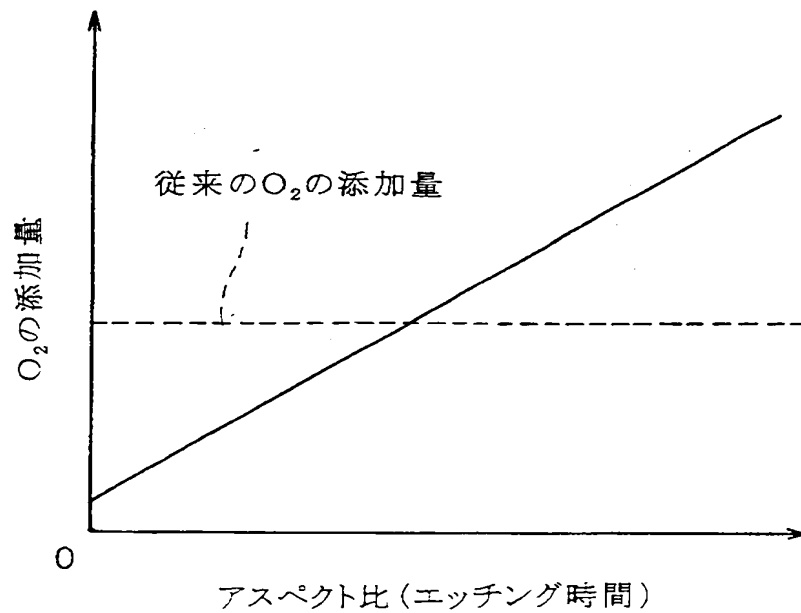
【図 11】



【図 12】



【図 13】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 フォトレジスト膜層を損傷することなくエッチストップの発生を防止することが可能なプラズマ処理方法を提供する。

【解決手段】 エッチング装置300の処理室102内に C_4F_8 とCOとArから成る処理ガスを導入した後にプラズマを生成し、下部電極106上のウェハWに形成された SiO_2 膜層202をエッチングする。分析器302は、プラズマ中を通過した赤外レーザ光から赤外レーザ吸収分析法によりプラズマ中のエッチャントと副生成物の各含有量を測定する。制御器302は、測定される各含有量と、予め設定されているコンタクトホール204のアスペクト比の増加に対応するエッチャントと副生成物の各含有量とが同一になるように O_2 の添加量を調整し、アスペクト比の増加に応じて添加量が連続的に増加される O_2 が処理ガスに添加される。

【選択図】 図5

【書類名】 出願人名義変更届

【提出日】 平成11年 6月24日

【あて先】 特許庁長官 伊佐山 建志 殿

【事件の表示】

【出願番号】 平成10年特許願第377510号

【承継人】

【持分】 001/002

【識別番号】 396020800

【氏名又は名称】 科学技術振興事業団

【代表者】 中村 守孝

【承継人代理人】

【識別番号】 100095957

【弁理士】

【氏名又は名称】 亀谷 美明

【電話番号】 03-3226-6631

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 040224

【納付金額】 9,200円

【提出物件の目録】

【物件名】 権利の承継を証明する書類 1

29911900215



29911900216



譲渡証書

平成11年6月21日

(譲受人)

持分 1/2
住所 埼玉県川口市本町4丁目1番8号
名称 科学技術振興事業団
代表者 中村 守孝 殿

(譲渡人)

住所 山梨県韮崎市藤井町北下条2381番地の1
名称 東京エレクトロン山梨株式会社
代表者 井上 康夫 殿

下記2件の特許を受ける権利を弊社の持分の1/2を貴殿に譲渡し、その結果として科学技術新興事業団の持分を1/2および弊社の持分を1/2としたことに相違ありません。

記

1. 特許出願の番号

平成10年特許願第377509号

平成10年特許願第377510号

認定・付加情報

| | |
|---------|--------------------|
| 特許出願の番号 | 平成10年 特許願 第377510号 |
| 受付番号 | 29911900216 |
| 書類名 | 出願人名義変更届 |
| 担当官 | 宇留間 久雄 7277 |
| 作成日 | 平成11年 8月26日 |

<認定情報・付加情報>

【手数料の表示】

【納付金額】 4,600円

【承継人】

【識別番号】 396020800

【住所又は居所】 埼玉県川口市本町4丁目1番8号

【氏名又は名称】 科学技術振興事業団

【承継人代理人】 申請人

【識別番号】 100095957

【住所又は居所】 東京都新宿区住吉町1-12 新宿曙橋ビル 金
本・亀谷・萩原特許事務所

【氏名又は名称】 亀谷 美明

【提出された物件の記事】

【提出物件名】 権利の承継を証明する書面 1

特平 10-377510

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000109565]

1. 変更年月日 1990年 8月31日
[変更理由] 新規登録
住 所 山梨県韮崎市藤井町北下条2381番地の1
氏 名 東京エレクトロン山梨株式会社

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [396020800]

1. 変更年月日 1998年 2月24日
[変更理由] 名称変更
住 所 埼玉県川口市本町4丁目1番8号
氏 名 科学技術振興事業団

